



# ⑯ Patentschrift

## ⑯ DE 41 32 558 C 1

⑯ Int. Cl. 5:

**H 01 J 37/32**

C 23 C 16/44

H 05 H 1/46

// H01L 21/306

DE 41 32 558 C 1

⑯ Aktenzeichen: P 41 32 558.3-33  
 ⑯ Anmeldetag: 30. 9. 91  
 ⑯ Offenlegungstag: —  
 ⑯ Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 3. 12. 92

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

## ⑯ Patentinhaber:

Secon Halbleiterproduktionsgeräte Ges.m.b.H.,  
Wien, AT

## ⑯ Vertreter:

Fuchs, F., Dr.-Ing., Pat.-Anw., 8000 München

## ⑯ Erfinder:

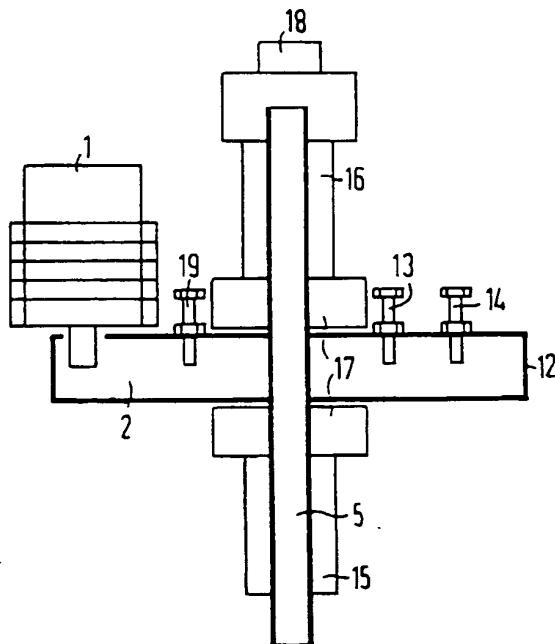
Steinhardt, Heinz, Dipl.-Ing., Wien, AT; Mathuni,  
Josef, Dr., 8000 München, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

US-B.: T. Sugano »Applications of Plasma  
Processes in VLSI Technology, John Wiley & Sons,  
New York, 1985, S. 122-157;  
 DE-B.: D. Widmann, H. Mader, H. Friedrich  
«Technology of High-Integrating Circuits»,  
Springer Verlag 1988, S. 32-39 u. 194-202;  
 US-Z.: Solid State Technology, April 1987,  
S. 147-151;  
 Prospekt der Firma Tylan/Tokuda, US: «Model  
CDE-VIII Microwave Downstream Etching System»,  
Specification 85008, 1.4.86, Revision 2;

## ⑯ Verfahren und Vorrichtung zur Generierung angeregter neutraler Teilchen für Ätz- und Abscheideprozesse in der Halbleitertechnologie mittels einer mikrowellenenergiegespeisten Plasmaentladung

⑯ Es wird ein Plasmaentladungsrohr (5) mit einem Durchmesser, der einer Viertelwellenlänge der stehenden Welle entspricht, gewählt und das Hohlleitersystem (2) derart dimensioniert und abgestimmt, daß die stehende Welle ein erstes Spannungssmaximum an einer ersten Seite des Plasmaentladungsrohrs (5) ausbildet und die stehende Welle auch reflektiert zugeführt wird, so daß sie ein zweites, gegenphasiges Spannungssmaximum an einer zweiten Seite des Plasmaentladungsrohrs (5), die der ersten Seite gegenüberliegt und einem Endabschluß (12) des Hohlleitersystems (2) zugewandt ist, ausbildet. Zur Erreichung eines besonders niedrigen Arbeitsdruckes wird ein gesteuertes Magnetfeld angelegt.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Generierung angeregter neutraler Teilchen für Ätz- und Abscheideprozesse in der Halbleitertechnologie mittels einer mikrowellenenergiespeisten Plasmaentladung, bei dem Mikrowellenenergie einer bestimmten Frequenz erzeugt, in ein Hohlleitersystem eingekoppelt und dort als stehende transversal-elektrische Welle an vorbestimmten Stellen konzentriert wird, und bei dem zur Anregung bestimmte Prozeßgase mittels eines in Richtung des elektrischen Feldes der Welle ausgerichteten Plasmaentladungsrohres durch das Hohlleitersystem durchgeführt werden, wobei ein Plasma gezündet und angeregte Teilchen generiert werden. Die Erfindung betrifft außerdem eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Ein Verfahren der genannten Art ist aus T. Sugano, "Applications of Plasma Processes to VLSI Technology", Wiley-Interscience, New York, 1985, Abschnitte 2.2 und 2.3 (vgl. insbesondere 2.2.2), bekannt.

Ätz- und Abscheidetechnik sind, neben Lithographie und Dotiertechnik, grundlegende Prozesse, die in der Prozeßfolge zur Herstellung von hochintegrierten Schaltungen aus Siliziumsubstraten immer wieder verwendet werden (vgl. allgemein "Technologie hochintegrierter Schaltungen", D. Widmann, H. Mader, H. Friedrich, Springer-Verlag 1988, insbesondere Abschnitte 3.1.1 und 5.2.2-4). Ein wichtiges Verfahren ist beispielsweise die Gasphasenabscheidung, auch CVD genannt, bei der es heute vielfach üblich ist, die Anregung der Ausgangs-Reaktionsgase zu dissozierten, reaktionsfähigen Bestandteilen und die Auslösung der Abscheidereaktion nicht primär durch eine Erhöhung der Temperatur (der Siliziumscheibe) auf etwa 1000°C vorzunehmen, sondern durch ein Plasma oder durch energiereiche Strahlung. Auch Trockenätzprozesse, für die die Bildung eines gasförmigen, flüchtigen Reaktionsprodukts Voraussetzung ist, laufen meist nur dann spontan, d. h. ohne Zuführung von äußerer Energie ab, wenn die Gase bereits in atomarer Form vorliegen.

Für die erfolgreiche Durchführung derartiger Ätz- und Abscheideprozesse kommt es offenbar darauf an, energiereiche und deshalb reaktionsfähige neutrale Teilchen, insbesondere Radikale, mit ausreichend hohem Wirkungsgrad zu generieren. Die technische Lösung dieses Erfordernisses wird zunehmend gleichzeitig mit einer Erfüllung der weitergehenden Forderungen nach einer Verhinderung des Einflusses elektrischer Felder und geladener Teilchen auf das zu prozessierende Substrat und nach einem möglichst weiten Arbeitsdruckbereich für die Ätz- und Abscheideprozesse angestrebt.

Um die Substrate vor unerwünschten elektrostatischen Feldern und vor Ionen zu schützen, die bei der üblichen Dissoziation von Prozeßgasen in einer Plasma-Gas-Entladung neben den Neutralteilchen immer auch miterzeugt werden, ist es bekannt, die Generierung angeregter neutraler Teilchen von ihrer Verwendung in einem in einer Reaktionskammer stattfindenden Ätz- oder Abscheideprozeß räumlich zu trennen (Downstream-Verfahren). Bei der Downstream-Methode sinkt aufgrund der geringen Lebensdauer der geladenen Teilchen deren Konzentration unmittelbar nach der Anregungszone sehr stark ab, während die angeregten Neutralteilchen infolge ihrer erheblich größeren Lebensdauer die Reaktionskammer über eine geeignete Zuleitung in für manche Anwendungen ausreichender Kon-

zentration erreichen. Als Energiequellen für die Hf-Plasmaentladung werden vielfach Magnetrongeneratoren mit einer Arbeitsfrequenz von einigen GHz zur Erzeugung entsprechender Mikrowellen eingesetzt. Diese Energie wird in einen Hohlraumresonator bzw. in ein Hohlleitersystem eingekoppelt und dort — durch passende Dimensionierung und Abstimmung — an bestimmten Stellen in Form einer stehenden Welle konzentriert. An einer dieser Stellen wird dann üblicherweise ein Plasmaentladungsrohr durch das Hohlleitersystem durchgeführt, also genau an einer Stelle, an der sich die Energie der stehenden Welle konzentriert. Auf diese Weise können in Prozeßgasen, die dem Plasmaentladungsrohr zugeführt werden, Radikale mit langer Lebensdauer generiert und anschließend mittels einer Zuleitung zur Reaktionskammer transportiert werden. Die Lokalisierung der Energie der stehenden Welle an der richtigen Stelle ist an sich unproblematisch, jedoch wird ein erheblicher Teil der Energie nicht zur Anregung umgesetzt, sondern unabgestimmt reflektiert und muß im Hohlleiter, meist in einer Wasserlast, absorbiert werden, um nicht das Magnetron zu beschädigen (vgl. Sugano, a.a.O., Abschnitt 2.2.2).

Die beschriebene, nur teilweise Umsetzung der zur Verfügung stehenden Mikrowellenenergie erweist sich besonders im Lichte der oben bereits genannten Forderung nach einem weiten Arbeitsdruckbereich insofern als problematisch, als für die Halbleitertechnologie gerade auch der niedrige Druckbereich unterhalb etwa 13, insbesondere unter 1,3 Pa interessant und von Vorteil ist.

Niedrige Drücke sind beispielsweise für oberflächenkontrollierte CVD-Prozesse zur Vermeidung von Abscheidungen mit unerwünschten Schichteigenschaften von Bedeutung. Auch bei Ätzprozessen sind eine hohe Ätzrate und die Verhinderung von Microload-Effekten, also einer von der Umgebung abhängigen lokalen Ätzrate, oft nur bei sehr niedrigen Drücken zu verwirklichen. Bereits im Druckbereich unter 13 Pa beginnen jedoch Zündschwierigkeiten bei der Plasmaentladung aufzutreten, da die Anregungsdichte und damit auch der Wirkungsgrad der Generierung zu sehr abnehmen.

Es ist zwar bekannt (vgl. Sugano, a.a.O., Abschnitt 2.3.2), das Plasma mit Hilfe des Einschließens in einem Magnetfeld, dessen Zyklotronfrequenz in Resonanz mit der Frequenz der Mikrowellen steht (ECR-Verfahren), auch im Druckbereich unter  $13 \cdot 10^{-2}$  Pa zu stabilisieren. Wie beispielsweise aus dem Artikel "Downstream Plasma Etching and Stripping" von J.M.Cook, Solid State Technology/April 1987, insbesondere Seite 150, hervorgeht, können mit derartigen Verfahren jedoch insgesamt, also insbesondere am Wafer selbst, angeregte Neutralteilchen nicht in ausreichender Zahl und Dichte zur Verfügung gestellt werden. Dies ist nicht überraschend angesichts der Tatsache, daß auch beim verbesserten ECR-Verfahren nur gut 30% der Mikrowellenenergie in der Entladung umgesetzt werden.

Es ist im übrigen mit Rücksicht auf ein handhabbares Verfahren auch nicht möglich, die eingekoppelte Mikrowellenenergie selbst, üblicherweise etwa 1 kW, wesentlich zu steigern, um den Wirkungsgrad der Generierung zu erhöhen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren der ein- gangs genannten Art und eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens anzugeben, das insbesondere im Druckbereich unterhalb etwa 13 Pa einen genügend hohen Wirkungsgrad besitzt.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der ein-

gangs genannten Art dadurch gelöst, daß ein Plasmaentladungsrohr mit einem Durchmesser, der einer Viertelwellenlänge der stehenden Welle entspricht, gewählt und das Hohlleitersystem derart dimensioniert und abgestimmt wird, daß die stehende Welle ein erstes Spannungsmaximum an einer ersten Seite des Plasmaentladrohres ausbildet und die stehende Welle auch reflektiert zugeführt wird, so daß sie ein zweites, gegenphasiges Spannungsmaximum an einer zweiten Seite des Plasmaentladungsrohres, die der ersten Seite gegenüberliegt und einem Endabschluß des Hohlleitersystems zugewandt ist, ausbildet.

Das erfundungsgemäße Verfahren ist vorzugsweise so weitergebildet, daß bei einem Arbeitsdruck der Prozeßgase unterhalb etwa 13, insbesondere unter 1,3 Pa im Plasma erzeugte Elektronen mittels eines angelegten insbesondere gesteuerten Magnetfeldes auf schraubenförmige Bahnen gezwungen werden, wobei insbesondere das für den jeweiligen Arbeitsdruck optimale Magnetfeld mittels einer Sensoreinrichtung ermittelt und so eingestellt wird, daß das Maximum der Teilchengenerierung erreicht wird.

Weitere Weiterbildungen des erfundungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der Ansprüche 4 bis 7.

Zur Durchführung des erfundungsgemäßen Verfahrens ist entsprechend der gestellten Aufgabe vorgesehen:

Eine Vorrichtung mit einem Mikrowellengenerator, der in einem Hohlleitersystem Mikrowellenenergie zur Verfügung stellt, die sich als stehende transversal-elektrische Welle bestimmter Frequenz an vorbestimmten Stellen konzentriert, bei der das vorzugsweise rechteckigen Querschnitt aufweisende Hohlleitersystem Durchführungen für ein in Richtung des elektrischen Feldes der Welle ausgerichtetes und durch gegenüberliegende Wände des Hohlleitersystems durchgeföhrtes Plasmaentladungsrohr aufweist, wobei bei gezündeter Plasmaentladung im Plasmaentladungsrohr eine kontinuierliche Generierung angeregter neutraler Teilchen aus zugeführten Prozeßgasen vorliegt und bei der das Plasmaentladungsrohr einen Durchmesser entsprechend einer Viertelwellenlänge der stehenden Welle aufweist und das Hohlleitersystem so dimensioniert und mit Abstimmeinrichtungen versehen ist, daß der Endabschluß des Hohlleitersystems eine Reflexionsfläche darstellt und die ihr zugewandte Wandung des Plasmaentladungsrohres im Spannungsmaximum der reflektiert zugeführten stehenden Welle zu liegen kommt, während die dem Mikrowellengenerator zugewandte Wandung des Plasmaentladungsrohres in einem Spannungsmaximum der stehenden Welle zu liegen kommt, so daß an zwei gegenüberliegenden Seiten des Plasmaentladungsrohres zwei gegenphasige Spannungsmaxima zur Zündung und Aufrechterhaltung der Plasmaentladung zur Verfügung stehen.

Eine Weiterbildung der erfundungsgemäßen Vorrichtung ist Gegenstand des Anspruchs 9.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß beim bekannten Verfahren nur die Energie eines einzigen Halbwellen-Spannungsmaximums, welches durch entsprechende Abstimmung möglichst in der Mitte des Plasmaentladungsrohres zu liegen kommen soll, für die Plasmaentladung umgesetzt wird. Durch die erfundungsgemäßen Maßnahmen hingegen werden an gegenüberliegenden Seiten des Plasmaentladungsrohres zwei gegenphasige Spannungsmaxima für die Plasmaentladung zur Verfügung gestellt, wobei aufgrund ihres durch den Durchmesser gegebenen Abstandes von einer Viertel-

wellenlänge das zugehörige Strommaximum in der Mitte des Plasmaentladungsrohres zu liegen kommt. Dabei wird die höchstmögliche, gegenüber dem bisherigen Verfahren verdoppelte Spannungsüberhöhung ausgenutzt, so daß eine viermal höhere Leistungsumsetzung resultiert.

Vorteilhaft ist ferner, daß nicht einfach zwei Halbwellen-Maxima der stehenden Welle ausgenutzt werden. Vielmehr wird, beispielsweise mit Hilfe einer Reflexionsfläche am Endabschluß des Hohlleitersystems sowie der Abstimmung des reflektierten Teils der stehenden Welle durch einen Phasenschieber, die stehende Welle auch reflektiert zugeführt und damit ein zweites Spannungsmaximum im Abstand von nur einer Viertelwellenlänge von einem Spannungsmaximum der stehenden Welle ausgenutzt. Indem durch die erfundungsgemäßen Maßnahmen die Energie auf kleinstem Raum konzentriert eingesetzt wird, bildet sich ein energiereiches Plasma mit hoher Plasmatemperatur, das auch bei niedrigen Drücken stabil bleibt. Durch den hohen Wirkungsgrad, mit dem hochangeregte Teilchen erzeugt werden, lassen sich große Ätz- bzw. Abscheideraten erzielen.

Insgesamt wird nahezu die gesamte vom Mikrowellengenerator erzeugte Energie für die Plasmaentladung bzw. für die Radikalgenerierung verwendet, so daß die Anregungsdichte der Teilchen so hoch ist, daß sie dem Effekt nach mit einer thermischen Aktivierung vergleichbar ist. Auch im niedrigen Druckbereich bis hinunter zu etwa  $5 \cdot 10^{-2}$  Pa sind mehr als 50% aller vorhandenen Gasmoleküle angeregt.

Anhand eines Ausführungsbeispieles und unter Bezugnahme auf die Zeichnung soll die Erfindung noch näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 einen Teil einer Vorrichtung zur Durchführung eines Ausführungsbeispiels des erfundungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 2 die dem Verkaufsprospekt "Model CDE-VIII Microwave Downstream Etching System", Specification # 840008, 1. April 1986, Revision 2 der Firma TYLAN/TOKUDA, USA, entnommen ist, schematisch ein bekanntes, handelsübliches Downstream-Ätzsystem mit Mikrowellenanregung.

In Fig. 2 ist ein Mikrowellengenerator 1 gezeigt, der Mikrowellen erzeugt, die in ein Hohlleitersystem 2 eingekoppelt werden. Mit Hilfe einer Abstimmeinheit 4 und durch die Dimensionierung des Hohlleitersystems 2 bildet sich eine stehende Welle aus, durch die die Mikrowellenenergie an vorbestimmten Stellen des Hohlleitersystems 2 konzentriert wird. Die unabgestimmt reflektierte und nicht umgesetzte Energie muß irgendwo im Hohlleitersystem 2, beispielsweise im T-Stück 3 oder am Ende des Hohlleiters 2, absorbiert werden, was meistens mittels einer Wasserlast geschieht. Zum Generieren von Radikalen durch Mikrowellenenergie ist ein Plasmaentladungsrohr 5, das in Richtung des elektrischen Feldes der stehenden Welle ausgerichtet ist, durch das Hohlleitersystem 2 durchgefördert. Werden geeignete Prozeßgase dem Eingang 6 des Plasmaentladungsrohres 5 zugeführt und das Plasma gezündet, so entstehen, neben anderen, auch angeregte Neutralteilchen. Diese werden anschließend mittels einer Zuleitung 7, die etwa 1 m lang ist, zur Ätz-Reaktionskammer 8 transportiert. Damit gelangen angeregte neutrale Teilchen auf die Oberfläche von auf einem Drehtisch 11 befestigten Substratscheiben 10, wo sie die gewünschten Ätzreaktionen auslösen. Die Reaktionskammer 8 kann mittels einer Pumpe 9 evakuiert und die flüchtigen Reaktionsprodukte können

abgesaugt werden.

Das Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens, das zu seiner Durchführung nur eine geringe Modifikation der bekannten Ätzanlage erfordert, ermöglicht die Umsetzung der zur Verfügung stehenden Mikrowellenenergie mit höchstmöglichen Wirkungsgrad in einem Arbeitsbereich von knapp 300 Pa bis unter  $13 \cdot 10^{-2}$  Pa. Dies wird einerseits dadurch erreicht, daß bei einer Arbeitsfrequenz von 2,45 GHz, welche einer Wellenlänge von 12 cm entspricht, das Plasmaentladungsrohr 5 einen Durchmesser von 30 mm, entsprechend einer Viertelwellenlänge, aufweist.

Fig. 1 zeigt ein Plasmaentladungsrohr 5, das im Hohlleiterystem 2 so montiert, daß die dem Magnetron 1 zugewandte Seite im Spannungsmaximum der stehenden Welle zu liegen kommt, wobei die Wandung des Plasmaentladungsrohres 5 (ebenso wie auf der gegenüberliegenden Seite) vom Spannungsmaximum geschnitten werden kann, das Spannungsmaximum sich vorteilhafterweise aber auch auf der Innenseite der Wandung befinden kann. Das Plasmaentladungsrohr 5 selbst ist vorzugsweise aus einem Isoliermaterial, wie Quarz oder Aluminiumoxid, gefertigt. Als Endabschluß 12 des Hohlleiterystems 2 ist eine Reflexionsfläche vorgesehen. Die reflektierte Energie wird mit einer Abstimmmeinrichtung 13, 14, 19 so abgestimmt, daß die reflektiert zurückgeführte stehende Welle ein Spannungsmaximum an der der Reflexionsfläche zugewandten Seite des Plasmaentladungsrohres 5 erreicht. Eine direkte mechanische Abstimmung kann in an sich bekannter Weise mittels Abstimmstiften 13 und 14 durch eine Phasenschiebung erfolgen. Im vorzugsweise rechteckigen (ca. 80 x 40 mm) Querschnitt aufweisenden Hohlleiterystem 2 breitet sich die stehende Welle als Oberflächenwelle gleichzeitig oben und unten nahe der ca. 80 mm breiten Begrenzungsflächen aus, so daß eine Querentladung und eine weitere, dazwischenliegende Entladung auftritt. Insgesamt ergibt sich, daß mit diesem Verfahren Energie mit sehr hohem Wirkungsgrad in das Plasmaentladungsrohr 5 eingekoppelt wird, so daß beispielsweise durch die hohe Dichte an Neutralteilchen eine etwa 3-5mal höhere Ätzrate als bei bekannten Verfahren resultiert. In Fig. 1 sind schließlich auch noch Sperrtöpfe 15 und 16, die als mechanische Drosseln die Abstrahlung dämpfen, eine Sensoreinrichtung 18 sowie Magnetfeldwicklungen 17 dargestellt.

Um im Downstream-Verfahren auch im niedrigen Druckbereich unterhalb 13, insbesondere unter 1,3 Pa Radikale mit vollem Wirkungsgrad generieren zu können, kann die Anregungsdichte durch Anlegen eines insbesondere gesteuerten Magnetfeldes erhöht werden. Die Tatsache, daß sich bei Gasentladungsstrecken die effektive Ionisation mittels eines Magnetfeldes erhöhen läßt, in dem Elektronen in schraubenförmiger Bewegung pendeln müssen und damit einen verlängerten Ionisationsweg aufweisen, ist an sich als Penning-Effekt bereits bekannt.

Entscheidend ist jedoch, daß das Magnetfeld nur in der Plasmaentladungszone wirkt und daß es nicht, wie bei den ebenfalls bekannten ECR-Quellen auf einen festen Wert der Elektron-Zyklotron-Resonanzfeldstärke abgestimmt wird (kreisförmige Bahnen), sondern das für den jeweiligen Arbeitsdruck optimale Magnetfeld mittels einer Sensoreinrichtung 18 ermittelt und so eingestellt wird, daß das Maximum der Teilchengenerierung erreicht wird. Durchgeführte Versuche ergaben, daß es tatsächlich pro Arbeitsdruck ein zugehöriges, mit sinkendem Druck steigendes Magnetfeldmaximum als Op-

timum hinsichtlich der Generierung gibt. Dies vermutlich deshalb, weil bei zu hohem Magnetfeld die Spiralfahrnen der Elektronen im Plasma zu eng und damit ineffektiv werden.

5 Durch die Dissoziation der Prozeßgase im Plasmaentladungsrohr erfolgt eine Volumenvergrößerung. Als Sensoreinrichtung kann deshalb vorteilhaft ein Druckmeßgerät verwendet werden, wobei die einer zunehmenden Teilchengenerierung entsprechende Druckerhöhung ausgewertet und zum Nachsteuern bzw. Einstellen des optimalen Magnetfeldes verwendet wird.

10 Durch die Dissoziation der Prozeßgase im Plasmaentladungsrohr erfolgt eine Volumenvergrößerung. Als Sensoreinrichtung kann deshalb vorteilhaft ein Druckmeßgerät verwendet werden, wobei die einer zunehmenden Teilchengenerierung entsprechende Druckerhöhung ausgewertet und zum Nachsteuern bzw. Einstellen des optimalen Magnetfeldes verwendet wird.

Als weitere Sensormethode kann die Helligkeit der

15 Plasmaentladung zum Nachsteuern des Magnetfeldes

verwendet werden, wobei auch dabei das Maximum der

15 Helligkeit dem Maximum der Dissoziation entspricht.

Es kann auch emissionsspektrometrisch das Maximum

auftretender spezifischer Wellenlängen des angeregten

15 Gases ermittelt und zum Einstellen des Magnetfeldes

verwendet werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Generierung angeregter neutraler Teilchen für Ätz- und Abscheideprozesse in der Halbleitertechnologie mittels einer mikrowellenenergiegespeisten Plasmaentladung, bei dem Mikrowellenenergie einer bestimmten Frequenz erzeugt, in ein Hohlleiterystem eingekoppelt und dort als stehende transversal-elektrische Welle an vorbestimmten Stellen konzentriert wird, und bei dem zur Anregung bestimmte Prozeßgase mittels eines in Richtung des elektrischen Feldes der Welle ausgerichteten Plasmaentladungsrohres durch das Hohlleiterystem durchgeführt werden, wobei ein Plasma gezündet und angeregte Teilchen generiert werden, dadurch gekennzeichnet, daß ein Plasmaentladungsrohr (5) mit einem Durchmesser, der einer Viertelwellenlänge der stehenden Welle entspricht, gewählt und das Hohlleiterystem (2) derart dimensioniert und abgestimmt wird, daß die stehende Welle ein erstes Spannungsmaximum an einer ersten Seite des Plasmaentladungsrohres (5) ausbildet und die stehende Welle auch reflektiert zugeführt wird, so daß sie ein zweites, gegenphasiges Spannungsmaximum an einer zweiten Seite des Plasmaentladungsrohres, die der ersten Seite gegenüberliegt und einem Endabschluß (12) des Hohlleiterystems (2) zugewandt ist, ausbildet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Arbeitsdruck der Prozeßgase unterhalb etwa 13, insbesondere unter 1,3 Pa im Plasma erzeugte Elektronen mittels eines angelegten, insbesondere gesteuerten Magnetfeldes auf schraubenförmige Bahnen gezwungen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das für den jeweiligen Arbeitsdruck optimale Magnetfeld mittels einer Sensoreinrichtung (18) ermittelt und so eingestellt wird, daß das Maximum der Teilchengenerierung erreicht wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Sensoreinrichtung (18) ein Druckmeßgerät verwendet wird, wobei die einer zunehmenden Teilchengenerierung entsprechende Druckerhöhung ermittelt und zum Einstellen des optimalen Magnetfeldes verwendet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Helligkeit der Plasmaentladung zum Nachsteuern des Magnetfeldes verwendet

wird.

6. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß emissionsspektrometrisch das Maximum auftretender spezifischer Wellenlängen des angeregten Gases ermittelt und zum Einstellen des 5 Magnetfeldes verwendet wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die angeregten neutralen Teilchen mittels einer Zuleitung (7) vom Plasmaentladungsrohr (5) einer davon getrennten 10 Reaktionskammer (8) für Ätz- und Abscheideprozesse zugeführt werden.

8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 7 mit einem Mikrowellengenerator, der in einem Hohlleitersystem Mikrowellenenergie zur Verfügung stellt, die sich als stehende transversal-elektrische Welle bestimmter Frequenz an vorbestimmten Stellen konzentriert, bei der das vorzugsweise rechteckigen Querschnitt aufweisende Hohlleitersystem Durchführungen für 20 ein in Richtung des elektrischen Feldes der Welle ausgerichtetes und durch gegenüberliegende Wände des Hohlleitersystems durchgeföhrtes Plasmaentladungsrohr aufweist, wobei bei gezündeter Plasmaentladung im Plasmaentladungsrohr eine 25 kontinuierliche Generierung angeregter neutraler Teilchen aus zugeführten Prozeßgasen vorliegt, gekennzeichnet durch die Merkmale:

- das Plasmaentladungsrohr (5) weist einen Durchmesser entsprechend einer Viertelwellenlänge der stehenden Welle auf,
- das Hohlleitersystem (2) ist so dimensioniert und mit Abstimmmeinrichtungen (13, 14, 19) versehen, daß der Endabschluß (12) des Hohlleitersystems (2) eine Reflexionsfläche 35 darstellt und die ihr zugewandte Wandung des Plasmaentladungsrohres (5) im Spannungsmaximum der reflektiert zugeführten stehenden Welle zu liegen kommt, während die dem Mikrowellengenerator (1) zugewandte Wandung 40 des Plasmaentladungsrohres (5) in einem Spannungsmaximum der stehenden Welle zu liegen kommt,
- so daß an zwei gegenüberliegenden Seiten des Plasmaentladungsrohres zwei gegenphasige Spannungsmaxima zur Zündung und Aufrechterhaltung der Plasmaentladung zur Verfügung stehen.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8 zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 2 bis 6, 50 dadurch gekennzeichnet, daß Einrichtungen zur Erzeugung eines die Anregungsdichte der Teilchen erhöhenden, mittels einer Sensoreinrichtung (18) steuerbaren Magnetfeldes vorhanden sind, wobei die Sensoreinrichtung (18), die vorzugsweise ein 55 Druckmeßgerät umfaßt, zur Ermittlung der optimalen Magnetfeldstärke ausgelegt ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

FIG 1

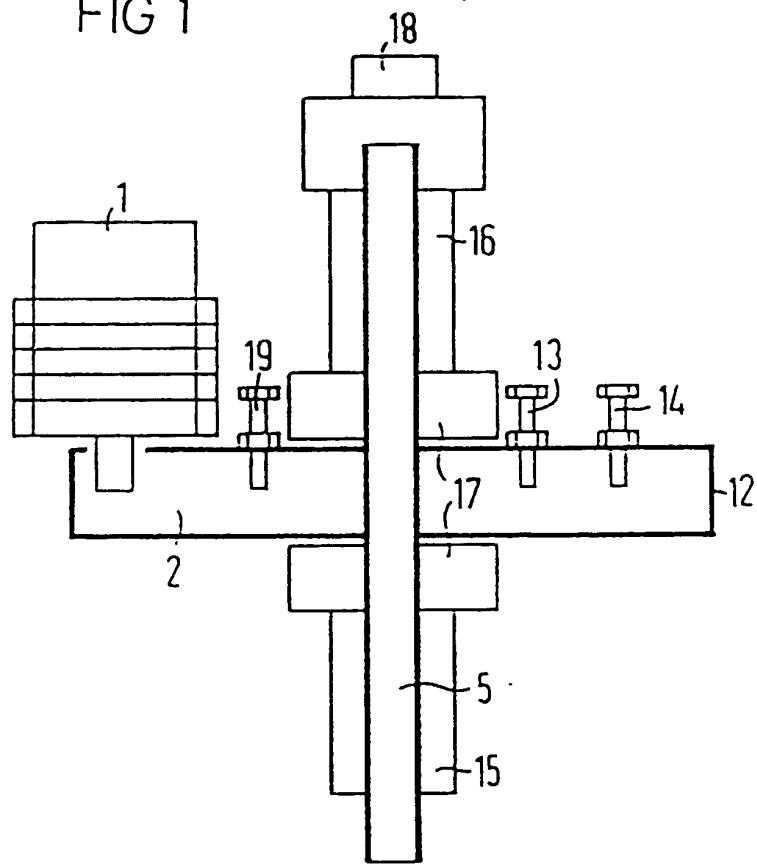


FIG 2

